

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-31071

(P2000-31071A)

(43) 公開日 平成12年1月28日 (2000.1.28)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームト (参考)
H 0 1 L 21/205		H 0 1 L 21/205	5 F 0 4 5
21/304	6 4 3	21/304	6 4 3 A
21/31		21/31	E

審査請求 未請求 請求項の数 9 F D (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平10-208608

(22) 出願日 平成10年7月7日 (1998.7.7)

(71) 出願人 000190149

信越半導体株式会社

東京都千代田区丸の内1丁目4番2号

(72) 発明者 田中 紀通

群馬県安中市磯部2丁目13番1号 信越半
導体株式会社磯部工場内

(72) 発明者 太田 豊

群馬県安中市磯部2丁目13番1号 信越半
導体株式会社磯部工場内

F ターム (参考) 5F045 AB02 AB32 AF03 BB02 BB12

BB13 BB14 DQ17 EB08 EB09

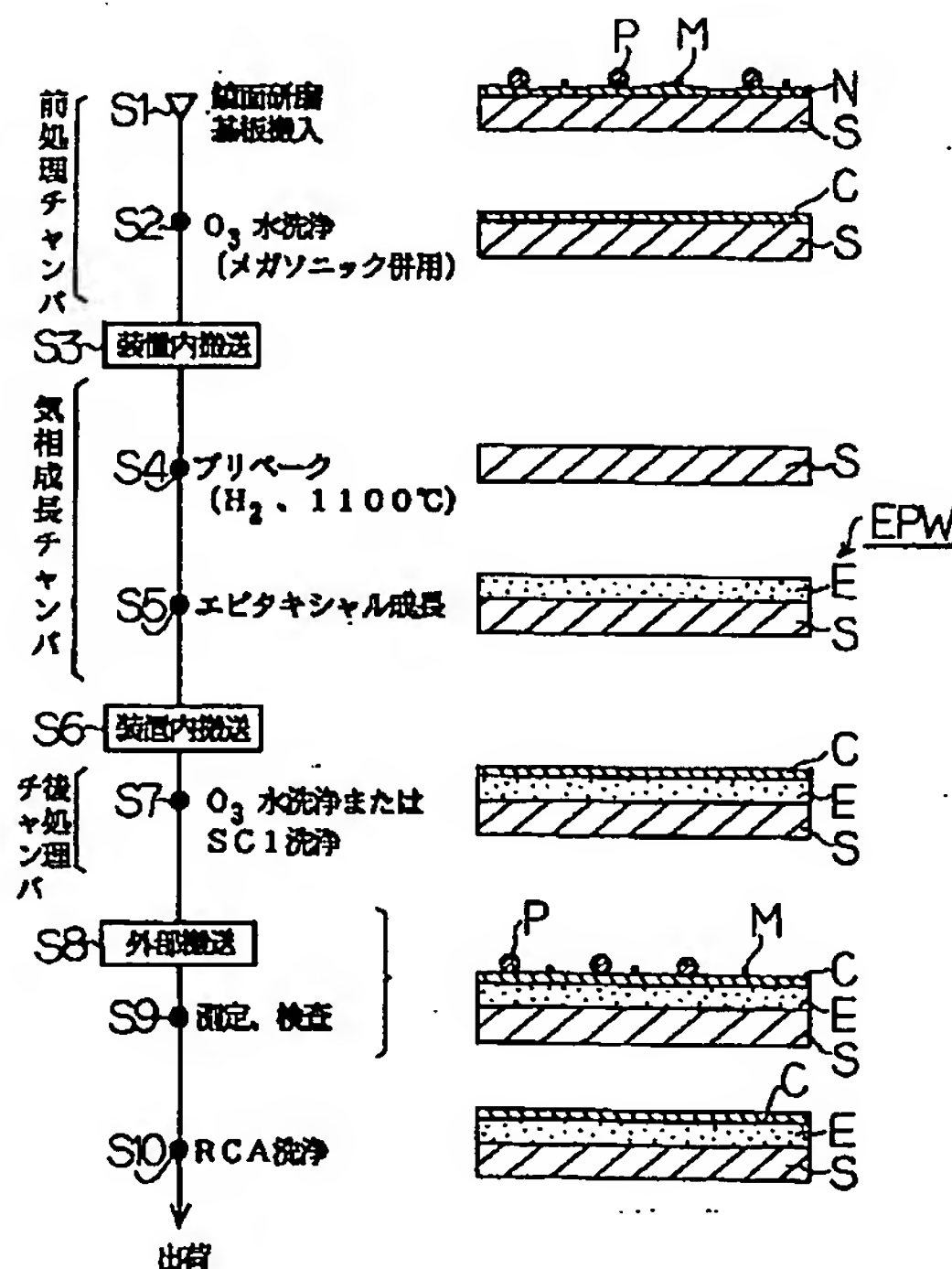
EB13 EN04 HA01 HA11 HA25

(54) 【発明の名称】 半導体製造装置およびこれを用いたエピタキシャルウェーハの製造方法

(57) 【要約】

【課題】 シリコンエピタキシャル成長前後で微粒子の付着防止を徹底し、RCA洗浄時のシリコンエピタキシャル層へのピット発生を防止する。

【解決手段】 前処理チャンバと気相成長チャンバと後処理チャンバとを、外部環境から遮断された清浄な搬送路で接続する。前処理チャンバではO₃ 添加水を用いたメガソニック洗浄 (ステップS2)、気相成長チャンバではプリベークによる化学的シリコン酸化膜Cの除去 (ステップS4) と高品質なシリコンエピタキシャル層Eの形成 (ステップS5)、後処理チャンバではO₃ 水洗浄またはSC1洗浄によるシリコンエピタキシャル層Eのパッシベーションを行う (ステップS7)。シリコンエピタキシャル層Eの形成後における搬送時にウェーハ表面が常に化学的シリコン酸化膜Cに被覆され、ピット発生の原因となる金属微粒子Mの直接付着が防止される。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 シリコンウェーハをオゾン添加水を用いて洗浄するための前処理チャンバと、
前記シリコンウェーハ上にシリコンエピタキシャル層を成長させるための気相成長チャンバと、
前記シリコンエピタキシャル層の表面に化学的シリコン酸化膜を形成するための後処理チャンバとが、
外部環境から遮断された雰囲気中に制御された少なくともひとつの搬送路によって相互に接続されてなることを特徴とする半導体製造装置。

【請求項 2】 前記前処理チャンバが、前記オゾン添加水に超音波振動を印加する手段を備えることを特徴とする請求項 1 記載の半導体製造装置。

【請求項 3】 前記後処理チャンバが、酸化剤を含む溶液を前記シリコンエピタキシャル層の表面に供給する溶液供給手段を備えることを特徴とする請求項 1 記載の半導体製造装置。

【請求項 4】 前記搬送炉の雰囲気がクラス 10、もしくはこれより高い清浄度を有することを特徴とする請求項 1 記載の半導体製造装置。

【請求項 5】 シリコンウェーハの表面を前処理チャンバ内でオゾン添加水を用いて洗浄する第 1 工程と、
前記シリコンウェーハを外部環境から遮断された雰囲気中に制御された搬送路を通じ、気相成長チャンバへ搬送する第 2 工程と、
前記気相成長チャンバ内で、前記シリコンウェーハ上にシリコンエピタキシャル層を気相成長させてエピタキシャルウェーハを得る第 3 工程と、
前記エピタキシャルウェーハを外部環境から遮断された雰囲気中に制御された搬送路を通じ、後処理チャンバへ搬送する第 4 工程と、
前記シリコンエピタキシャル層の表面に前記後処理チャンバ内で化学的シリコン酸化膜を形成する第 5 工程とを有することを特徴とするエピタキシャルウェーハの製造方法。

【請求項 6】 前記第 1 工程では、前記オゾン添加水に超音波振動を印加しながら前記シリコンウェーハを洗浄することを特徴とする請求項 5 記載のエピタキシャルウェーハの製造方法。

【請求項 7】 前記第 5 工程では、前記シリコンエピタキシャル層を酸化剤を含む溶液に接触させることにより前記化学的シリコン酸化膜を形成することを特徴とする請求項 5 記載のエピタキシャルウェーハの製造方法。

【請求項 8】 前記溶液としてオゾン添加水もしくはアンモニア-過酸化水素水混合溶液を用いることを特徴とする請求項 7 記載のエピタキシャルウェーハの製造方法。

【請求項 9】 前記搬送炉の雰囲気をクラス 10、あるいはそれより高い清浄度に保つことを特徴とする請求項 5 記載のエピタキシャルウェーハの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はシリコンエピタキシャルウェーハの製造に用いられる半導体製造装置とこれを用いたエピタキシャルウェーハの製造方法に関し、特にエピタキシャル成長前後の徹底した微粒子の付着防止により高品質のエピタキシャル層を得る技術に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体集積回路の微細化度と高集積度の飛躍的な向上に伴い、サブクォーターミクロン・ルールで加工が行われるようになったシリコンウェーハの表面については、0.1 μm 程度の大きさの微粒子の数を 100 個/ cm^2 以下に抑え、また、原子オーダーの平坦度を有することが要求されている。そして、今後のシリコンウェーハとしては、鏡面研磨されたシリコン単結晶基板の表面に同じくシリコン単結晶の薄膜を気相成長させたシリコンエピタキシャルウェーハがますます利用されるようになるものと予想される。これは、微細化によって取扱い電荷量の低減した近年の半導体デバイスにとって、シリコンウェーハ表面近傍の微小欠陥がデバイス特性に致命的な影響を与えるおそれが今まで以上に大きくなるのに対し、融液から引き上げられたシリコン単結晶インゴットをスライス・鏡面研磨して製造されるシリコンウェーハでは、結晶に起因するかかる微小欠陥を十分に低減することが困難となっているからである。

【0003】シリコンエピタキシャルウェーハの製造においては、エピタキシャル成長前後の微粒子除去が特に重要である。エピタキシャル成長前のウェーハ表面への微粒子付着は、形成されるシリコンエピタキシャル層の膜質に直接影響する。シリコンエピタキシャル層に形成される積層欠陥や突起状欠陥が、その典型例である。

【0004】従来、この微粒子除去は洗浄により行われており、中でも 1970 年代に提案されたいわゆる RCA 洗浄法が改良を重ねながら今日まで広く用いられている。RCA 洗浄とは、一般にパーティクルと呼ばれるシリコン系微粒子とウェーハとの間のアルカリ溶液中における静電的反発を利用してシリコン系微粒子を除去するためのアンモニア-過酸化水素水混合溶液による洗浄（SC1 洗浄）、金属微粒子をイオン化して除去するための塩酸-過酸化水素水混合溶液による洗浄（SC2 洗浄）、シリコン表面の自然酸化膜を除去するための希フッ酸洗浄（DHF）を目的に応じて組み合わせる方法である。これに、さらに必要に応じて金属および有機物を除去するための硫酸-過酸化水素水混合溶液による洗浄が組み合わせられることもある。

【0005】図 6 に、一般的なエピタキシャルウェーハの製造フローを示す。まず、鏡面研磨後に自然酸化膜 N が形成されたシリコン単結晶基板 S を、ステップ S11 にて洗浄装置へ搬入する。シリコン単結晶基板 S 上には、自然酸化膜 N を介して一般にパーティクルと呼ばれ

るシリコン系微粒子Pや金属微粒子Mが付着している。ステップS12では、SC1洗浄とSC2洗浄をこの順に行うRCA洗浄により、これらの付着物を除去する。そして、ステップS13で上記シリコン単結晶基板Sを洗浄装置外へ取り出し、気相成長チャンバ(chamber)へ搬送する。ただしこの搬送の間に、若干のシリコン系微粒子Pや金属微粒子Mの付着は免れない。

【0006】気相成長チャンバへ搬入されたシリコン単結晶基板Sは、まずステップS14にてプリベーク(pre-bake; 前熱処理)される。このプリベークは、H₂ 雰囲気中、1100℃以上の温度で熱処理を行うことで自然酸化膜N、およびシリコン系微粒子Pや金属微粒子M等の表面付着異物を除去するために行われる。続いて、ステップS15でエピタキシャル成長を行い、シリコンエピタキシャル層Eを形成する。得られたエピタキシャルウェーハEPWは、ステップS16で気相成長チャンバから搬出され、ステップS17の測定、検査工程へ送られる。ここでは、一例として膜厚測定、平坦度測定、外観検査が行われる。上記各測定および検査に合格したエピタキシャルウェーハEPWは、続くステップS18のRCA洗浄を経て出荷される。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述のような製造フローでは、ステップS12の洗浄後、およびステップS15のエピタキシャル成長後に、シリコン単結晶基板SまたはエピタキシャルウェーハEPWが外部搬送されるため、この外部搬送中に何らかの汚染が発生することがある。たとえば、ステップS13においてシリコン系微粒子Pや金属微粒子Mの付着量が多く、ステップS14のプリベークでこれらを十分に除去することができなかった場合、ステップS15で成長されるシリコンエピタキシャル層Eの表面に突起状欠陥PDが発生するため平坦度が悪化したり、あるいはシリコンエピタキシャル層Eの内部に積層欠陥SFが発生したりする。

【0008】また、気相成長チャンバから搬出されたエピタキシャルウェーハEPWは通常、そのまま外部搬送されてステップS17の測定や検査に供されるため、その間に、シリコンエピタキシャル層Eの表面にシリコン系微粒子Pや金属微粒子Mが付着するおそれがある。本発明者らは、この金属微粒子Mのイオンの酸化還元電位がシリコン(Si)の酸化還元電位よりも高く、かつ水素イオン(H⁺)のそれよりも高い場合、ステップS18でRCA洗浄を行う際にシリコンエピタキシャル層Eの表面に直径0.2μmよりも小さいピットPitが発生してしまうことを見出した。金(Au)と銅(Cu)は、かかるピット発生の原因となる代表的な金属である。

【0009】Auは、半導体集積回路の電極や配線に通常用いられる。またCuは、たとえば縦型炉を有するエ

ピタキシャル成長装置において高周波誘導加熱コイルの構成材料に用いられる。このように、AuとCuは半導体デバイスの製造現場では常時使用されているので、AuやCuの金属微粒子Mはクリーンルーム内に常時浮遊しているのである。

【0010】シリコンエピタキシャルウェーハの製造においては、突起状欠陥や積層欠陥のない高品質なシリコンエピタキシャル層を形成し、かつエピタキシャル成長後にはピットを発生させないような高度な製造方法が要望されている。本発明は、この要望に対して有効な対策となり得る半導体製造装置と、これを用いたエピタキシャルウェーハの製造方法を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、エピタキシャル成長前の鏡面研磨ウェーハをオゾン添加水を用いて洗浄し、洗浄後のウェーハをが外部環境に接触させることなく直ちにシリコンエピタキシャル成長工程へ移送し、かつエピタキシャル成長後のエピタキシャルウェーハも外部環境に接触させることなく直ちに化学的シリコン酸化膜でパッシベート(passivate)することで上述の目的を達成可能であることを見出し、本発明を提案するに至ったものである。なお、本発明で述べるところの化学的シリコン酸化膜とは、自然酸化膜と異なり、化学反応を用いて人為的に形成されたものである。

【0012】すなわち、本発明の半導体製造装置は、シリコンウェーハをオゾン添加水を用いて洗浄するための前処理チャンバと、このシリコンウェーハ上にシリコンエピタキシャル層を成長させるための気相成長チャンバと、このシリコンエピタキシャル層の表面に化学的シリコン酸化膜を形成するための後処理チャンバのうちの少なくとも隣接するもの同士が、外部環境から遮断された雰囲気中に制御された少なくともひとつの搬送路によって相互に接続された構成を有し、この搬送路を通じ、チャンバ間でシリコンウェーハを移送するようになされたものである。上記前処理チャンバは、オゾン添加水に超音波振動を印加する手段を備えることが特に好適である。また、上記後処理チャンバは、酸化剤を含む溶液を前記シリコンエピタキシャル層の表面に供給する溶液供給手段を備えることが好適である。

【0013】かかる装置を利用したエピタキシャルウェーハの製造方法では、まずシリコンウェーハの表面を前処理チャンバ内でオゾン添加水を用いて洗浄し(第1工程)、次に該シリコンウェーハを外部環境から遮断された雰囲気中に制御された搬送路を通じて気相成長チャンバへ搬送し(第2工程)、次に上記気相成長チャンバ内で前記シリコンウェーハ上にシリコンエピタキシャル層を成長させてエピタキシャルウェーハを得(第3工程)、次に該エピタキシャルウェーハを外部環境から遮断された雰囲気中に制御された搬送路を通じ、該搬送路に備えられたウェーハ移送手段を用いて後処理チャンバへ搬送し

(第4工程)、最後に該エピタキシャル層の表面に化学的シリコン酸化膜を形成する(第5工程)。

【0014】上記第1工程では、オゾン添加水に超音波振動を印加しながら前記シリコンウェーハを洗浄することが特に好適である。また上記第5工程では、エピタキシャル層を酸化剤を含む溶液に接触させることにより前記化学的シリコン酸化膜を形成することが好適である。このときの溶液としては、オゾン添加水もしくはアンモニア過酸化水素水混合溶液(いわゆるSC1洗浄液)を用いることができる。さらに、上記搬送路の雰囲気は

【0015】

【発明の実施の形態】本発明では、まずエピタキシャル成長を行う前にオゾン添加水を用いた洗浄(以下、O₃水洗浄と称する。)を行い、O₃の強力な酸化力を利用してエピタキシャル成長前にシリコンウェーハ表面へ付着しているシリコン系微粒子Pや金属微粒子Mを除去する。O₃水洗浄の原理については、たとえば日経マイクロデバイス1997年3月号p. 90~95(日経BP社刊)に詳述されている。O₃は、Cu²⁺のようにH⁺よりも酸化還元電位が高い金属イオンがSiと共存する場合であっても、Si表面の方から優先的に電子を引き抜く。このため、金属はイオン化された状態のまま水相中に安定に存在し続け、一方のSi表面は薄い化学的シリコン酸化膜で被覆されることになる。この化学的シリコン酸化膜は、Siとその周囲に存在する金属イオンと間の電子交換を阻害し、金属イオンが金属微粒子としてエピタキシャル層の表面に付着することを防止する働きをする。

【0016】本発明では、気相成長の直前に前処理チャンバにおいて洗浄され、かかる化学的シリコン酸化膜で被覆されたシリコンウェーハが、外部環境から遮断され清浄な雰囲気中に制御された搬送路を通過して気相成長チャンバに搬入されるので、シリコンウェーハは表面付着異物の極めて少ない状態でプリベークに供され、清浄なSi表面を露出させることになる。したがって、続くエピタキシャル成長時に積層欠陥や突起状欠陥のない高品質なシリコンエピタキシャル層が形成される。

【0017】また、得られたエピタキシャルウェーハはエピタキシャル成長を終了した直後に、外部環境から遮断され清浄な雰囲気中に制御された搬送路を通過して後処理チャンバへ搬入されるので、エピタキシャルウェーハはやはり表面付着異物の極めて少ない状態で直ちに化学的シリコン酸化膜により被覆される。エピタキシャル層の表面が一旦このように化学的シリコン酸化膜で被覆されてしまえば、クリーンルーム内に多少の間放置されても汚染されにくくなる。かかる化学的シリコン酸化膜により高活性なSi表面への金属微粒子の付着が防止されれば、金属微粒子の近傍におけるSi表面の酸化も起こり

得ず、したがってRCA洗浄を行っても金属微粒子の付着場所に直径0.1μm以上のピットが形成されることがなくなる。これにより、デザインルールが0.1μmまでの次世代半導体プロセスに最適なシリコンエピタキシャルウェーハが提供可能となる。

【0018】エピタキシャルウェーハはこの後外部搬送され、化学的シリコン酸化膜で被覆された状態で次工程に送られることになる。ここで想定される次工程とは、典型的には膜厚測定、平坦度測定、外観検査である。実際の半導体製造現場では各工程のタクト時間が異なるために、ウェーハによっては次工程に搬入される前の待ち時間が非常に長くなることがある。本発明は、このような場合のエピタキシャルウェーハの汚染防止に極めて効果的である。

【0019】エピタキシャル層上の化学的シリコン酸化膜は、前処理と同様にO₃水洗浄を行うか、あるいはSC1洗浄により形成することができる。つまり、従来一般に微粒子の除去を目的として行われてきた洗浄を、パッシベーションの手段として利用するのである。これらの方法により形成される化学的シリコン酸化膜は、自然酸化膜とは異なり膜厚が均一で、かつ非常に薄く形成し得るものである。膜厚は0.3~1nmもあれば十分である。ただし、SC1洗浄には金属イオンそのものを除去する作用はないので、SC1洗浄により化学的シリコン酸化膜を形成した場合には、金属イオンを除去することが可能なSC2洗浄も組み合わせておくことが望ましい。一方のO₃水洗浄は、有機付着物の除去も可能であり、有機付着物の分解によってCO₂とO₂を発生させる。また、リンス用の超純水の所要量が少ないこと、クリーンルームの空調の負担を軽減できる等のメリットもある。

【0020】O₃添加水の調製方法としては、たとえば超純水の電気分解やO₂ガスの交流無声放電で発生させたO₃を気体透過膜あるいはバブリングを通じて超純水に導入する方法や、溶存酸素を含む超純水に紫外線照射を行って水中にO₃を直接的に生成させる方法がある。なお、O₃添加水には超音波振動を印加してもよく、特にエピタキシャル成長前のO₃水洗浄時にはこれが一層効果的である。エピタキシャル成長後の化学的シリコン酸化膜もO₃水洗浄により形成する場合には、ここで超音波振動を併用してももちろん構わない。超音波振動の周波数は、通常用いられる範囲でよい。ただし、周波数によって除去可能な微粒子の大きさは異なる。おおよそ100kHz以下の比較的低い周波数領域では、洗浄液内部に発生するキャビテーション(cavitation=微小な空洞)の働きにより直径10μm以上の比較的大きな微粒子を剥離可能である。これに対し、おおよそ500kHz、あるいは1MHz以上のいわゆるメガソニックと呼ばれる高い周波数領域では、洗浄液中の振動伝搬に伴って発生する衝撃波がエピタキシャルウェー

ハに衝突し、直径 $2\mu\text{m}$ 以下の微粒子も除去することができる。

【0021】

【実施例】実施例 1

本実施例では、本発明の半導体製造装置の一例として、前処理チャンバ、気相成長チャンバ、後処理チャンバがそれぞれ個別の搬送路を介してインライン配列された装置の構成を図 1 および図 2 を参照しながら説明する。図 1 の構成では、向かって左側から搬送路 (T) 4 a、 O_3 洗浄を行うための前処理チャンバ (Pre P) 1、搬送路 (T) 4 b、気相成長チャンバ (Epi) 2、搬送路 (T) 4 c、エピタキシャルウェーハの表面を化学的シリコン酸化膜で保護するための後処理チャンバ (Post P) 3、および搬送路 (T) 4 d が、それぞれゲートバルブ 6 を介してインライン配列されている。各搬送路 4 a、4 b、4 c、4 d はウェーハ移送手段であるハンドラ 5 a、5 b、5 c、5 d を備えており、隣接するチャンバ間でウェーハを移送できるようになされている。なお、上記搬送路 (T) 内部の雰囲気は、米国連邦規格 209B によるクラス 10、あるいはこれより高い清浄度に保つことにより、64MDRAM およびそれ以降の世代の高集積化半導体デバイスの製造に使用可能なエピタキシャルウェーハを製造することができる。

【0022】上記前処理チャンバ (Pre P) 1 として、たとえば枚葉式スピン洗浄機を備えたチャンバの模式的断面図を図 2 に示す。上記枚葉式スピン洗浄機は、円形の洗浄カップ 11 の内部に鏡面研磨されたシリコン単結晶基板 S を載置するためのウェーハステージ 13 が収容され、該ウェーハステージ 13 の上方には O_3 水を導入するための給液管 15 が配され、該給液管 15 の末端にはノズル 14 が接続されている。上記ノズル 14 には超音波振動板 16 が内蔵されており、吐出される直前の O_3 添加水にメガソニック帯域の超音波振動が印加されるようになされている。かかる構成により、上記ウェーハステージ 13 を図示されない駆動手段により回転させながら、上記ノズル 14 から供給される O_3 水を用いてシリコン単結晶基板 S のメガソニック洗浄が行われる。ウェーハステージ 13 の縁部から溢れた O_3 水は、洗浄カップ 11 の底面に開口されたドレイン 12 から排水される。

【0023】なお、後処理チャンバ (Post P) 3 も上述の前処理チャンバ (Pre P) 1 と同様に構成すれば、エピタキシャルウェーハに対して O_3 水によるメガソニック洗浄を行うことができる。なお、後処理チャンバ 3 においては、ノズル 14 に必ずしも超音波振動板 16 が内蔵されていなくてもよい。一方、後処理チャンバ 3 で SC1 洗浄を行う場合には、上記の給液管 15 からアンモニア-過酸化水素水混合溶液を導入させる構成とすることができる。

【0024】実施例 2

本実施例では、本発明の半導体製造装置の他の例として、前処理チャンバ、気相成長チャンバ、後処理チャンバが 1 本の長尺状の搬送路に沿って配列された装置の構成を図 3 を参照しながら説明する。図 3 の構成では、1 本の長い搬送路 4 e の長辺に対し、向かって左側から前処理チャンバ (Pre P) 1、気相成長チャンバ (Epi) 2、および後処理チャンバ (Post P) 3 が、それぞれゲートバルブ 6 を介して接続されている。チャンバ間におけるシリコン単結晶基板 S またはエピタキシャルウェーハ EPW の移送は、ウェーハカセット 7 に収容された状態で図示されないウェーハ移送手段によって行われる。

【0025】なお、図 3 では各チャンバにおいてバッチ処理が行われることを想定し、ウェーハカセット 7 を用いて複数枚のウェーハが一括搬送される様子を示したが、各チャンバにおいて枚葉処理が行われる場合には、搬送路 4 e の複数箇所に前掲の図 1 に示したようなハンドラを設置しておき、これを用いてウェーハを 1 枚ずつ搬送するようにしてもよい。また、図 3 の構成では各チャンバが長い搬送路 4 e の片側のみに配されているが、これらを搬送路 4 e の両側に配しても構わない。

【0026】実施例 3

本実施例では、本発明の半導体製造装置のさらに他の例として、前処理チャンバ、気相成長チャンバ、後処理チャンバ、およびウェーハ搬出入用のロードロックチャンバが 1 個の搬送路の周囲に放射状配列された装置の構成を図 4 を参照しながら説明する。図 4 の構成では、5 角形の搬送路 (T) 4 f の各辺に沿って時計回りに、ウェーハ搬入用のロードロックチャンバ (LLin) 8 a、前処理チャンバ (Pre P) 1、気相成長チャンバ (Epi) 2、後処理チャンバ (Post P) 3、およびウェーハ搬出用のロードロックチャンバ (LLOut) 8 b がこの順に配されており、各チャンバはそれぞれゲートバルブ 6 を介して該搬送路 4 f に接続されている。チャンバ間におけるシリコン単結晶基板 S またはエピタキシャルウェーハ EPW の移送は、搬送路 4 f に設置されたハンドラ 5 f を用いて行われる。

【0027】これは、枚葉処理を前提とした装置構成であり、マルチチャンバ、あるいはクラスターツールとも称される構成である。すなわち、複数のシリコン単結晶基板 S を収容したカセットをロードロックチャンバ (LLin) 8 a へ搬入し、そこからシリコン単結晶基板 S を 1 枚ずつ取り出して隣のチャンバへ送りながら所定の処理を順次行い、最終的に完成したエピタキシャルウェーハをロードロックチャンバ (LLOut) 8 b 内のウェーハカセットに収容し、複数枚のエピタキシャルウェーハが溜まったところでこのウェーハカセットを搬出する。

【0028】実施例 4

本実施例では、上述のような各半導体製造装置を用いてエピタキシャルウェーハを製造するプロセスについて、

図5を参照しながら説明する。まずステップS1で鏡面研磨された後に自然酸化膜Nが形成された直径200mmのp型のシリコン単結晶基板Sを前処理チャンバ1に搬入する。この段階では、シリコン単結晶基板Sの表面上にはシリコン系微粒子Pや金属微粒子Mが付着している可能性がある。次に、ステップS2において、このチャンバ内で濃度7ppmのO₃水を用いたメガソニック洗浄を行う。ここで、上記シリコン系微粒子Pや金属微粒子Mを効率的に除去すると共に、シリコン単結晶基板Sの表面上に化学的シリコン酸化膜Cを形成する。次に、ステップS3で装置内搬送を行い、シリコン単結晶基板Sを気相成長チャンバ2へ搬入する。この装置内搬送は、クラス10、あるいはこれより高い清浄度に保たれた図1の搬送路4b、図3の搬送路4e、あるいは図4の搬送路4fの内部で行われるので、ウェーハ表面に異物はほとんど付着することがない。

【0029】次に、ステップS4で1130℃の水素雰囲気中、45秒間のプリベークを行う。このプリベーク時の高温還元雰囲気により化学的シリコン酸化膜Cが除去され、清浄なSi表面が露出する。次に、ステップS5で層厚15μmのp型のシリコンエピタキシャル層Eを気相成長させ、エピタキシャルウェーハEPWを作製する。この時、エピタキシャル成長は高度に清浄化されたSi表面上で進行するので、得られるシリコンエピタキシャル層Eは平坦性に優れ、膜厚が均一で、かつ突起状欠陥や積層欠陥もほとんど認められない良好なものとなる。

【0030】次に、ステップS6で装置内搬送を行い、エピタキシャルウェーハEPWを後処理チャンバ3へ搬入する。この装置内搬送は、クラス10、あるいはこれより高い清浄度に保たれた図1の搬送路4c、図3の搬送路4e、あるいは図4の搬送路4fの内部で行われるので、ウェーハ表面に異物はほとんど付着することがない。次に、ステップS7において、直ちに濃度7ppmのO₃水、または29重量%NH₃：30重量%H₂O₂：H₂O=1：1：5（体積比）の混合比率によるアンモニア過酸化水素水混合溶液を用い、シリコンエピタキシャル層Eの表面に厚さ約1nmの化学的シリコン酸化膜Cを形成する。次に、ステップS8において、エピタキシャルウェーハEPWを外部搬送し、後工程へ送る。この外部搬送は、図1では搬送路4dからエピタキシャルウェーハEPWを取り出す際の搬送、図3では搬送路4eからウェーハカセット7を取り出す際の搬送、図4ではロードロックチャンバ（LLout）8bから図示されないウェーハカセットを取り出す際の搬送にそれぞれ相当するものである。

【0031】化学的シリコン酸化膜CでパッシベートされたエピタキシャルウェーハEPWは、この後のステップS9において膜厚測定、平坦度測定、外観検査を順次経る。この間にシリコン系微粒子Pや金属微粒子Mが付

着する可能性もあるが、化学的シリコン酸化膜Cに対するこれらの微粒子の付着力は弱いので、次のステップS10におけるRCA洗浄で除去されてしまう。つまり、従来のようにシリコンエピタキシャル層Eの上に直接に金属微粒子Mが接触していないので、金属-Si間の酸化還元反応が起こらず、したがってシリコンエピタキシャル層Eにピットが発生するおそれがないのである。

【0032】以上、本発明を4例の実施例にもとづいて説明したが、本発明はこれらの実施例に何ら限定されるものではない。たとえば、O₃水洗浄を行う前処理チャンバとしては図2に枚葉式のスピンドル洗浄機を備えたものを示したが、これはバッチ式洗浄槽に替えてもよい。バッチ式洗浄槽を用いる場合は、超純水を満たした洗浄槽の底面に散気管を配設し、ここからO₃を水中に供給することによりO₃添加水を調製し、このO₃添加水中に適当なキャリアに收容された複数枚のシリコン単結晶基板Sを縦置き式に一括して浸漬させればよい。ただし、このような装置構成ではシリコン単結晶基板Sの面内のうち、散気管に近い側から徐々に化学的酸化シリコン酸化膜が成長するので、ウェーハ全面がこの化学的シリコン酸化膜で被覆されるように洗浄時間を設定する必要がある。この他、各チャンバにおける枚葉処理とバッチ処理の組み合わせ等の細部については、適宜変更、選択、組合せが可能である。

【0033】

【発明の効果】以上の説明からも明らかなように、本発明の半導体製造装置およびこれを用いたエピタキシャルウェーハの製造方法によれば、「O₃水洗浄によるエピタキシャル成長直前のシリコンウェーハの清浄化→エピタキシャル成長→エピタキシャル成長直後のパッシベーション」の一連の工程を、ウェーハを外部環境から遮断された清浄な雰囲気中で連続的に行うことができるため、表面付着異物の影響を排した高品質のシリコンエピタキシャル層を形成可能であると同時に、得られたエピタキシャルウェーハの再汚染ならびにこれに起因するピットの形成も防止することができる。O₃水洗浄時には、超音波振動を印加することで微粒子の除去効率を高めることができる。後処理においては、前処理と同様にO₃水洗浄を行うか、あるいはSC1洗浄を行うことにより均一かつ容易に化学的シリコン酸化膜を形成することができる。本発明によれば高品質のシリコンエピタキシャルウェーハを優れた品質、歩留り、均一性、再現性をもって供給することが可能となり、これによってウェーハの大口径化やデザインルールの一層の微細化にも対応することが可能となるので、本発明の産業上の価値は極めて大きい。

【図面の簡単な説明】

【図1】前処理チャンバと気相成長チャンバと後処理チャンバとが搬送路を介してインライン配列された本発明の半導体製造装置の一構成例を示す模式図である。

【図2】図1の前処理チャンバが枚葉式スピン洗浄機を備える場合の構成例を示す模式的断面図断面図である。

【図3】前処理チャンバと気相成長チャンバと後処理チャンバとが1本の長い搬送路に接続された本発明の半導体製造装置の他の構成例を示す模式図である。

【図4】前処理チャンバ、気相成長チャンバ、後処理チャンバおよびロードロックチャンバが多角形状のひとつの搬送路に放射状に接続された本発明の半導体製造装置のさらに他の構成例を示す模式図である。

【図5】本発明のエピタキシャルウェーハの製造方法の基本的な手順を示すフロー図である。

【図6】従来のエピタキシャルウェーハ製造の基本的な手順を示すフロー図である。

【符号の説明】

S…シリコン単結晶基板

E…シリコンエピタキシャル層

M…金属微粒子

C…化学的シリコン酸化膜

N…自然酸化膜

P…シリコン系微粒子

EPW…エピタキシャルウェーハ

1…前処理チャンバ (PreP)

2…気相成長チャンバ (Epi)

3…後処理チャンバ (PostP)

4a, 4b, 4c, 4d, 4e, 4f…搬送路 (T)

5a, 5b, 5c, 5d, 5f…ハンドラ

6…ゲートバルブ

7…ウェーハカセット

8a…(ウェーハ搬入用の) ロードロックチャンバ (LLin)

8b…(ウェーハ搬出用の) ロードロックチャンバ (Lout)

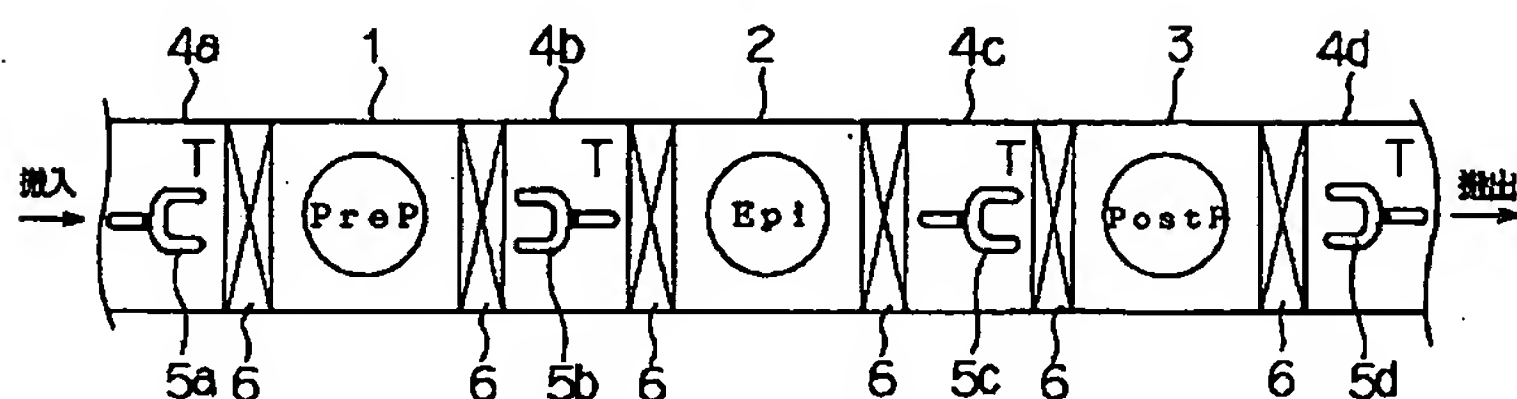
11…洗浄カップ

13…ウェーハステージ

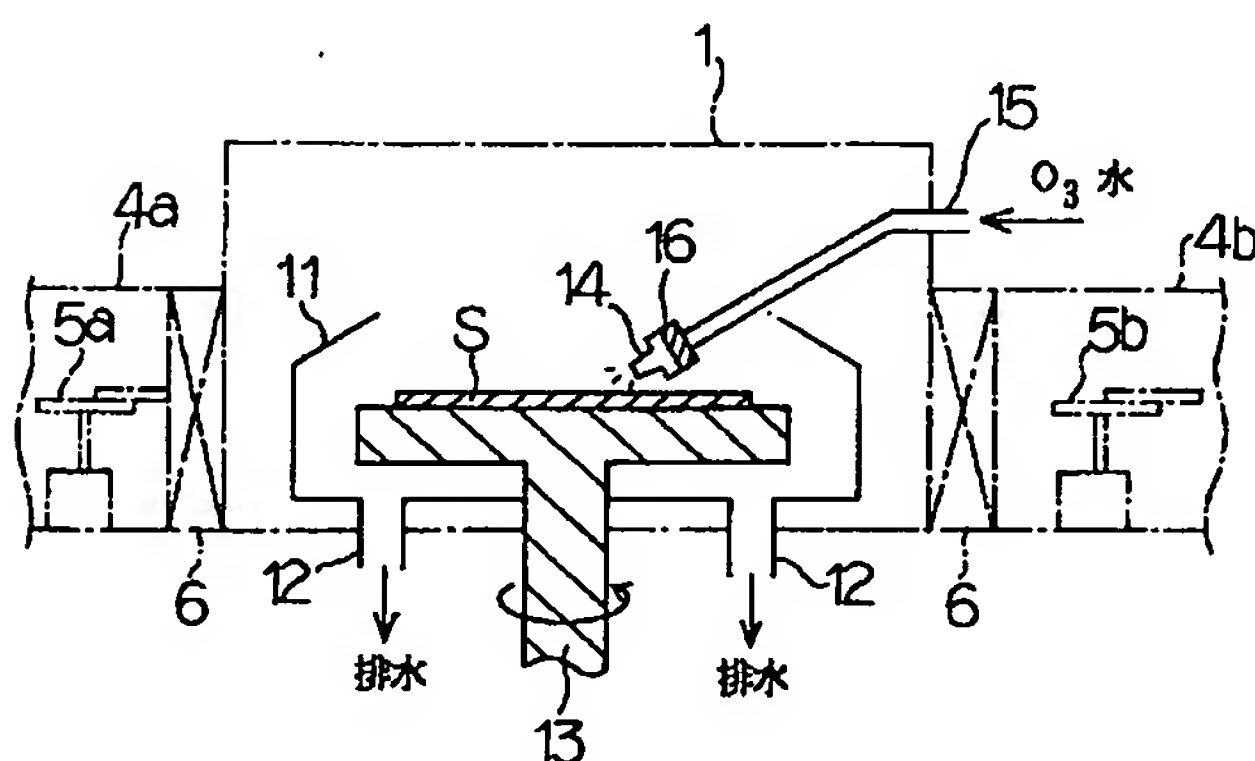
14…ノズル

16…超音波振動板

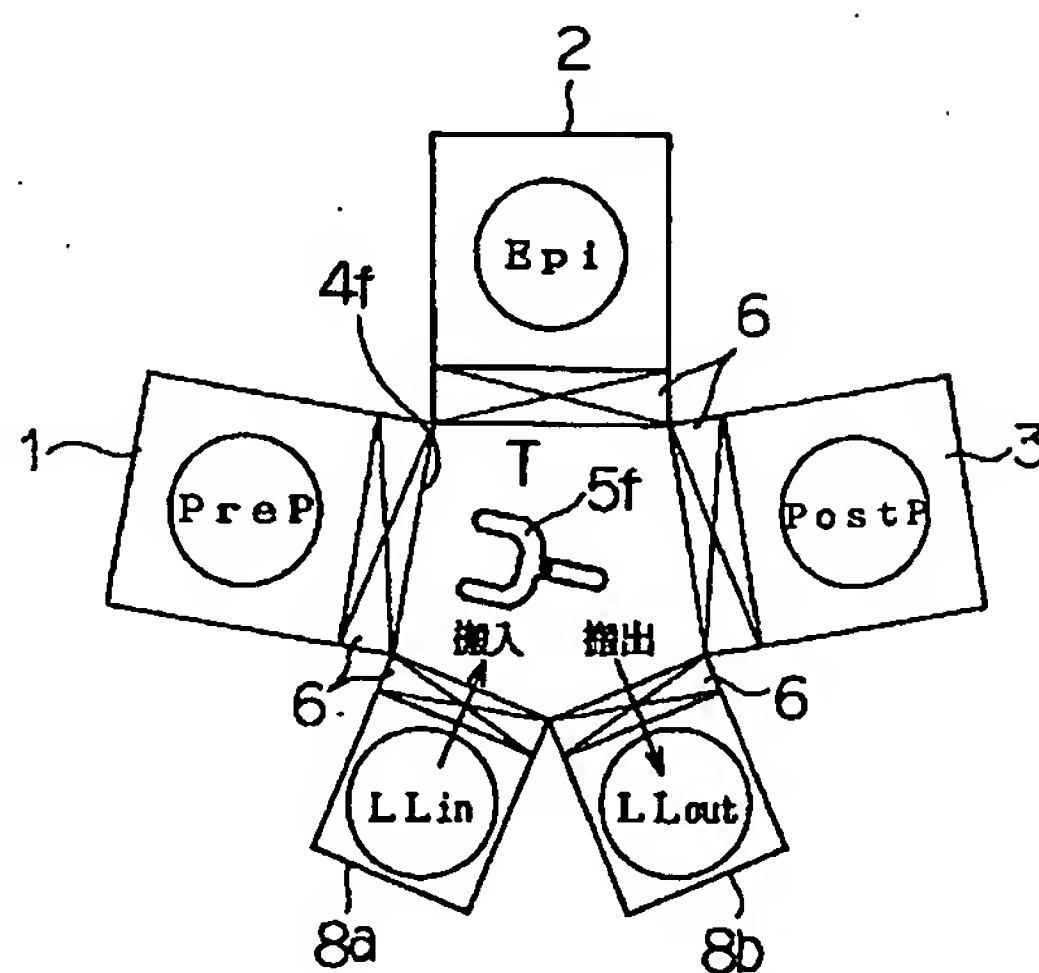
【図1】



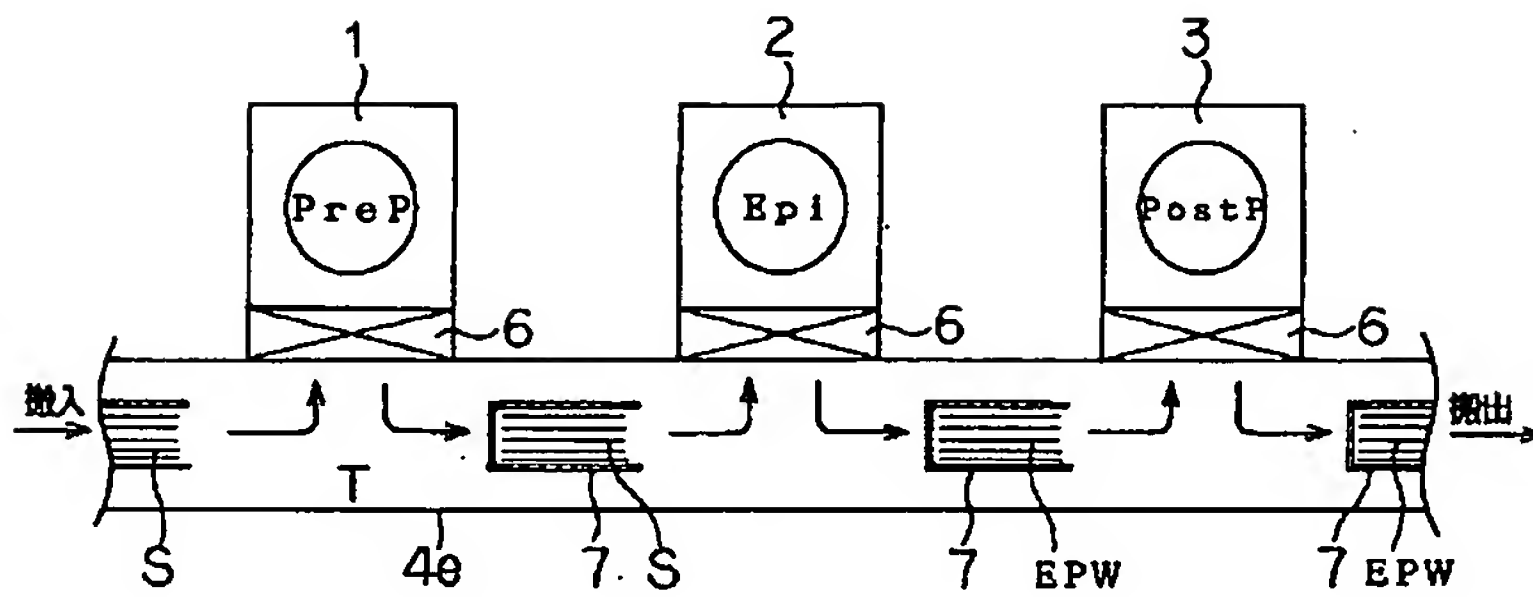
【図2】



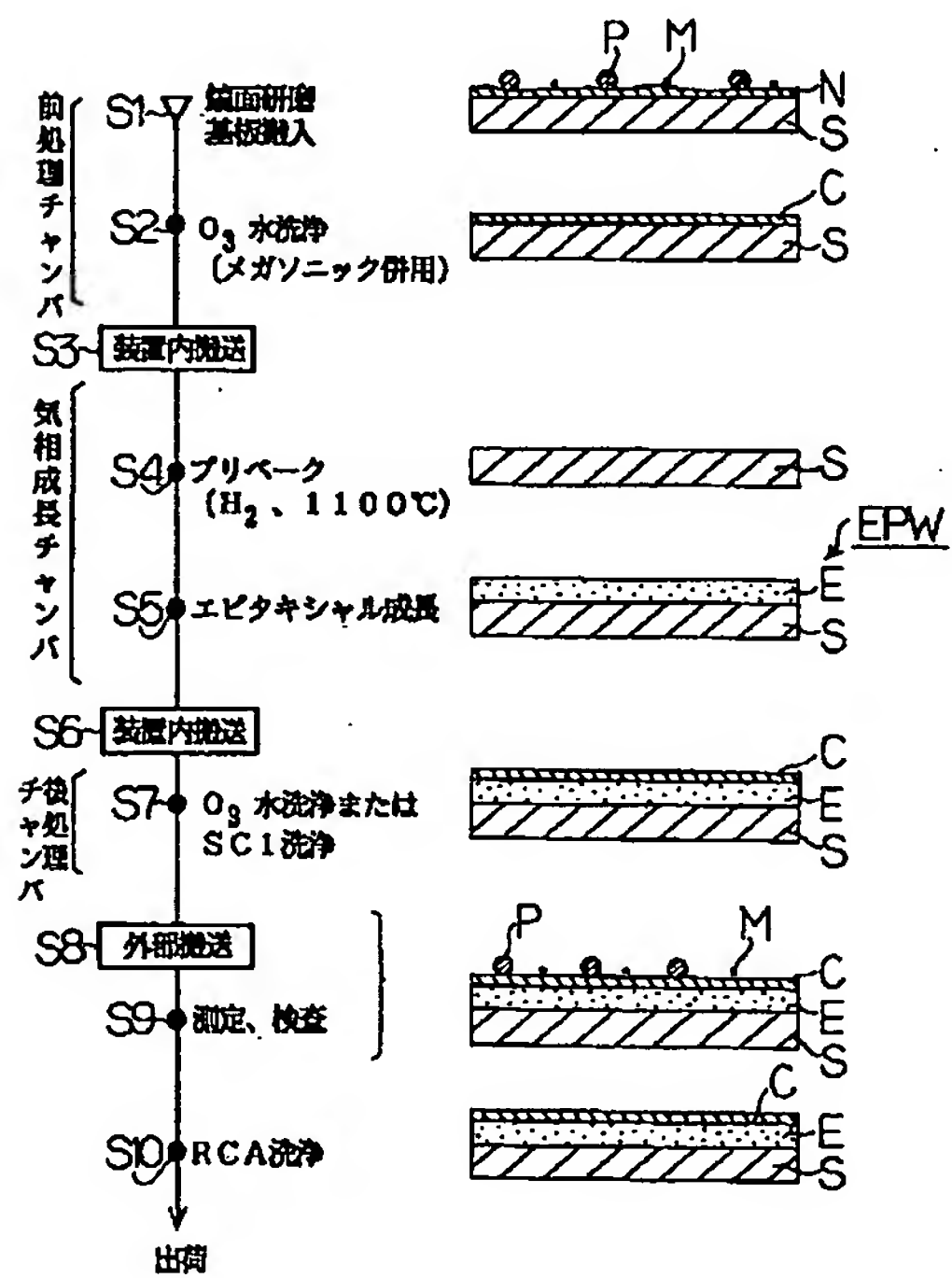
【図4】



【図3】



【図5】



【図6】

